



SOFIE를 활용한 화재 시뮬레이션에 관한 기초적 연구

이정현 · 김학철

플로우 플러스 주식회사

A Study on basic theory in fire simulation using SOFIE

Lee, Jung Hyun · Kim, Hak Chul

FLOW PLUS CO., Ltd.

요 약

화재 시뮬레이션을 이용하면, 건축물에서 화재가 발생하는 경우 건물에 설치된 감지 시스템 및 자동식 소화설비 등의 작동 여부에 따라 건물 내부의 온도 변화, 산소 및 일산화탄소 농도 변화, 연기유동 현상 등 화재 안전에 관련된 요소를 확인, 분석이 가능하기 때문에 건물의 화재 안전성을 검증하는데 활용할 수 있고 방재시스템 설계 조건을 변경하여 반복 시뮬레이션을 실시함으로써 보다 효율성이 높은 방재 시스템을 설계 및 채택할 수 있다. 또한 화재 시뮬레이션 결과를 감안하여 유사시 효과적으로 대응할 수 있도록 방재 계획을 수립할 수 있고, 건축물의 구조, 내장재 및 수용품에 대한 설계, 배치 등에 사용할 수 있으며, 화재사고조사 및 원인 규명에도 활용할 수 있는 등 화재 시뮬레이션의 활용분야는 광범위하다. 최근 국내에도 화재로 인한 인적/물적 피해와 화재 안전 설계에 대한 관심증가로 화재 모델에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 대부분의 연구가 시뮬레이션을 이용한 결과 분석에 치중되어있고 화재 시뮬레이션에 관한 특성 연구 및 개발은 거의 이루어지지 않고 있다.

본 자료는 국내에서 화재 시뮬레이션 코드로 많이 알려지지 않았으며, 유럽에서 개발된 SOFIE(Simulation of Fire in enclosures)에 대해서 기초적인 연구를 수행하였으며, SOFIE에 대한 특정 문제나 평가 부분은 다루지 아니하였다.

Keyword : SOFIE, CFD, Simulation of fire, Field modeling

1. 서 론

화재 시뮬레이션을 위한 필드 모델(field model)의 사용은 광범위하고 다양한 위험 시나리오의 평가와 사고 조사에서 점점 더 중용한 역할을 해오고 있다. 지금까지의 모델들은 건물 내부에서의 연기 움직임을 파악하는데 널리 적용되었고 성공적으로 입증되었다. 그러나, 화재 예측의 몇몇 중요한 양상에서의 진진 특히, 화염의 전파와 화염 성장과 관계된 분야에서는 상대적으로 미흡한 상황이다.

이에 유럽의 화재 과학 단체에서는 좀 더 신속한 물리적, 화학적 필드 모델 개발을 위

한 통합 체제를 구성하게 되었고, 이러한 전제하에 SOFIE의 개발이 시작되었다.

SOFIE의 개발은 다수의 유럽연합 화재 연구소들의 협조 하에 영국 Cranfield 대학의 Dr. Rubini에 의해 탄생하게 되었다.

2. 본 론

2.1 SOFIE의 개발 취지

SOFIE는 시중의 일반적 CFD 코드의 핵심요소를 포함하는 화재 예측의 특화된 필드 모델링 코드 개발이 첫째 목적이고, 일반적인 용도의 CFD 코드로는 어려운 복잡한 화재 현상의 예측을 위한 다양한 화재 관련 기능을 포함(화재 성장과 전파, 유독성 배출물과 연기, 화재의 대표적 물질의 특성)한 화재 시뮬레이션의 개발이라는 두 번째 목적과 화재 안전 평가를 위해 사용될 수 있는 확고한 필드 모델의 개발이라는 세가지 목적을 가지고 개발 되었다

2.2 SOFIE의 이론적 배경

- (1) 유한체적기법(Finite Volume Method) 사용
- (2) 난류모델 해석 기법 : Standard k- ϵ , k- ω transformed, Low Reynolds k- ϵ , RNG k- ϵ 을 사용
- (3) 연소 모델링 : Eddy break up model, 층류화염편 model 사용
- (4) 수치해의 대류항은 Upwind, Hybrid, OUIICK, SOUP, TVD Scheme 사용
- (5) 압력 보정은 SIMPLE, SIMPLEC 사용
- (6) 기체의 광학 물성을 사용하여 이산 전달 복사 모델(Discrete Transfer Radiation Model)을 적용
- (7) Soot Formation : 핵생성, 응고, 표면 성장과 산화 현상의 단순 수송된 스칼라나 확률밀도 함수(PDF) 층류 화염편 종류에 의해 표현

2.3 실험과 SOFIE의 해석 결과 비교

본 자료에서는 외국에서 수행된 실험과 SOFIE의 해석 결과 비교를 수록하였으며, 간략하게 비교 지점에서의 온도, 산소농도를 시간에 따른 결과를 비교하였다.

Fig1. 은 실제 실험에 사용된 연소 챔버를 단순화한 모형이며, 중간에 화염원이 있으며, 3 point에서 각각 온도와 산소농도를 체크한 것을 표기하였으며, Fig.2. Fig3.은 시간에 따른 실험값과 해석 결과 값의 비교 값을 나타낸다.

Table1. 은 측정 지점에서의 산소 농도를 나타내는 표이다.

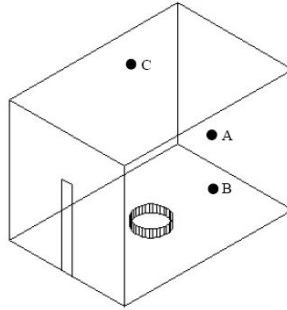


Fig.1 Three-dimensional illustration of the test room

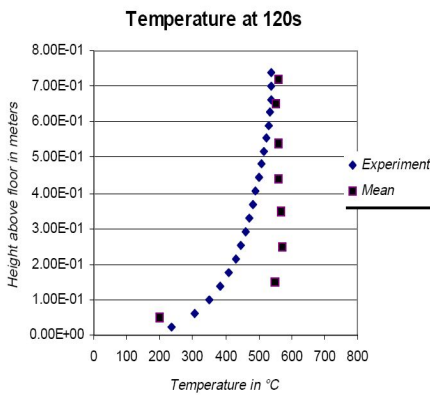


Fig2. Temperature profile at 120 seconds

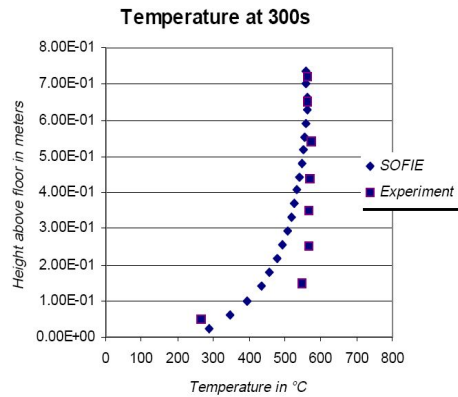


Fig3. Temperature profile at 300 second

온도 비교 그래프에서는 지면으로부터 낮은 지점에서의 온도는 실험치와 해석값의 차이가 상당히 크게 나타나는데 이는 열전대가 낮은 지역에서 복사 효과로 인해 측정이 정확치 않은 것으로 기술 되어 있으며, 지면으로 어느 정도 위치가 떨어진 지점에서의 실험값과 해석값은 유사하게 나타났다.

Position	A		B		C	
	Experiment vol%	Simulation vol%	Experiment vol%	Simulation vol%	Experiment vol%	Simulation vol%
30 s	1.7	0.4	12.2	13.5	1.5	0.3
60 s	0.0	0.0	-	- ¹	0.1	0.0

Table 1. Comparison of oxygen concentrate from experiment and SOFIE

Table1. 은 산소의 농도를 나타내는 표이며, 실험값과 해석값의 차이는 오차한계에 있는 것으

로 생각 되어지며, 실험상 내부에서의 측정의 어려움이 있는 것으로 판단된다. 상기에서 기술된 실험과 SOFIE 해석상의 결과 값 비교는 단순히 온도와 산소 농도만 계산을 수행하였기에 SOFIE에 대한 정확한 판단을 내릴 수는 없다.

2.4 SOFIE의 한계성

- (1) 곡선 격자(Curvilinear grid)를 사용함으로써 기하학적으로 복잡한 형상에 대한 해를 구하기가 어려움.
- (2) 현재로서는 더 이상의 코드 개발은 이루어지지 않고 있으며 발견되는 버그를 수정하는 정도에 그치고 있는 것으로 파악 됨.
- (3) 명령과 데이터가 명령행 프롬프트에서 입력되는 대화형 문자식 사용자 인터페이스 사용자가 사용하기가 불편함.
- (4) 유럽에서 사용되어 졌으나 SOFIE에 대한 해석 자료나 결과물은 찾기 어려움

3. 결 론

해외에서는 화재 시뮬레이션 코드는 오랜 세월 지속적으로 개발되어져왔으며, 현재도 개발은 중이다. 국내에서도 화재 시뮬레이션 코드를 이용하여 화재 시뮬레이션을 수행하고 화재 실험의 특성상 실험으로 수행하지 못하는 화재실험에 대해 화재 시뮬레이션 코드를 활용하여 결과를 예측 하고 실험을 대체하고 있다. 국내에서 주로 사용되는 화재 시뮬레이션 코드는 미국의 FDS가 많이 사용되고 있다. 다른 화재 시뮬레이션 코드인 SOFIE의 경우 FDS에 비해 사용빈도수가 현격히 떨어지며, 더 이상의 개발이 이루어지지 않고 있는 것으로 파악되며, 좀 더 많은 SOFIE에 대한 자료를 찾아보려 했으나 그조차도 쉽지가 않았다. 본 자료의 SOFIE에 대한 기초적인 연구가 미흡하며, 추 후 좀 더 SOFIE에 대한 조사와 연구가 있어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년 소방방재청 차세대핵심소방안전기술 개발 과제 1665005762[NEMA-차세대-2011-3] 지원에 의하여 수행하였으며, 관계자들에게 감사드립니다.

참고문헌

1. Cranfield university “SOFIE (Simulation of Fires in Enclosures) 2006”
2. Jorgen Carisson “Fire Modeling Using CFD” Department of Fire Safety Engineering Report 5025
3. Heimo Tuovinen, Patrick Van Hees “Implementation of a Physical Flame Spread Model in the SOFIE CFD Model 1993”